

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

**UTJECAJ ALOHTONIH DESETERONOŽNIH VRSTA RAKOVA NA
SLATKOVODNE EKOSUSTAVE U HRVATSKOJ S POSEBNIM
OSVRTOM NA MRAMORNOG RAKA (*Procambarus fallax f. virginalis*)**

**IMPACT OF THE ALLOCHTHONOUS CRAYFISH SPECIES ONTO
FRESHWATER ECOSYSTEMS IN CROATIA WITH SPECIFIC
REVIEW OF MARBLED CRAYFISH (*Procambarus fallax f. virginalis*)**

SEMINARSKI RAD

Zoran Šargač

Prediplomski studij znanosti o okolišu

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Ivana Maguire

Zagreb, 2015.

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	2
2. BODLJOBRAĐI RAK	5
3. SIGNALNI RAK.....	6
4. MRAMORNI RAK.....	8
5. DISKUSIJA.....	10
6. ZAKLJUČAK.....	13
7. LITERATURA.....	14
8. SAŽETAK.....	18
9. SUMMARY	18

1. UVOD

Nakon uništavanja staništa, strane invazivne vrste smatraju se vodećim čimbenikom gubitka biološke raznolikosti u svijetu (IUCN, 2012). Invazivne vrste predstavljaju glavni razlog nestanka mnogih vrsta u jezerima i treći su po redu razlog nestanka vrsta u rijekama (Sala i sur., 2000). Alohtone vrste negativno utječu na ekosustav i živi svijet koji u njemu obitava.

Ključni organizmi slatkovodnih ekosustava su i deseteronožni rakovi. Slatkovodni rakovi u ovom seminaru pripadaju:

Koljeno: ARTHROPODA-člankonošci

Potkoljeno: CRUSTACEA-rakovi

Razred: MALACOSTRACA-viši rakovi

Red: DECAPODA-deseteronošci

Podred: ASTACIDA

Oni su omnivori, te zbog svoje veličine tijela i dugog životnog vijeka čine ključnu kariku u hranidbenim lancima slatkovodnih ekosustava.

U Hrvatskoj su rasprostranjene 4 vrste autohtonih vrsta deseteronožnih rakova porodice Astacidae: *Astacus astacus* (Linnaeus, 1758) (riječni ili plemeniti rak), *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (uskoškari, turski ili barski rak), *Austropotamobius torrentium* (Schrank, 1803) (potočni ili rak kamenjar) te *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet, 1858) (bjelonogi ili primorski rak) (Maguire i Gottstein-Matočec, 2004). Vrste *A. astacus*, *A. pallipes* i *A. torrentium* su zakonom zaštićene na međunarodnoj razini.

Vrsta *A. astacus*

Kategorija ugroženosti

- a) Globalna razina: ugrožena vrsta (VU A2ad)
- b) Nacionalna razina: ugrožena vrsta (VU A2acde)

Postojeća zakonska zaštita

- a) Međunarodna razina – rakovi ove vrste uvršteni su na Dodatak III Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija) te na Dodatak V Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje fauna i flore.
- b) Nacionalna razina - U Hrvatskoj su zaštićeni Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13), tj. Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013)

Vrsta *A. pallipes*

Kategorija ugroženosti

- c) Globalna razina: ugrožena vrsta (EN A2acde)
- d) Nacionalna razina: ugrožena vrsta (EN A2acde)

Postojeća zakonska zaštita

- c) Međunarodna razina – rakovi ove vrste uvršteni su na Dodatak III Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija) te na Dodatak II i Dodatak V Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje fauna i flore.
- d) Nacionalna razina - U Hrvatskoj su zaštićeni Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13), tj. Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013)

Vrsta *A. torrentium*

Kategorija ugroženosti

- a) Globalna razina: ugrožena vrsta (DD - Data Deficient)
- b) Nacionalna razina: ugrožena vrsta (VU A2ace)

Postojeća zakonska zaštita

- a) Međunarodna razina – rakovi ove vrste uvršteni su na Dodatak III Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Bernska konvencija) te na Dodatak II i Dodatak V Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje fauna i flore.
- b) Nacionalna razina - U Hrvatskoj su zaštićeni Zakonom o zaštiti prirode (NN 80/13), tj. Pravilnikom o strogo zaštićenim vrstama (NN 144/2013)

Osim autohtonih vrsta rakova, danas su u Hrvatskoj zabilježene i 3 alohtone vrste: *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) (signalni rak), *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (bodljibradi rak), a nedavno je otkrivena i treća vrsta *Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *virginalis* (mramorni rak). Sve tri vrste su podrijetlom iz Amerike i pokazuju izrazito invazivne značajke. Alohtone su vrste rakova u Europi brojčano nadjačale autohtone vrste rakova u odnosu 2:1, te je procijenjeno da će u sljedećih nekoliko desetljeća potpuno dominirati nad autohtonim vrstama (Holdich i sur. 2009). Zbog prijenosa patogena *Aphanomyces astaci* (Schikora, 1903) koji uzrokuje bolest račju kugu na koju su same alohtone vrste otporne, te kompeticije, predstavljaju veliki problem za slatkovodne ekosustave i preostale populacije autohtonih rakova u njima. Praćenje stanja rasprostranjenosti alohtonih vrsta te proučavanje njihovog utjecaja na ekosustav najbolje nam mogu pomoći u zaštiti autohtonih vrsta. U ovom radu prikazat će kako i kada su invazivne vrste dospjele u Hrvatsku, do kuda su se proširile, kako utječu na same ekosustave te mogućnost njihove kontrole.

2. BODLJOBRA DI RAK

Orconectes limosus (bodljobradi rak) pripada porodici Cambaridae i prva je invazivna vrsta deseteronožnih rakova koja je unesena u Europu (Holdich 2002). U Hrvatskoj je prvi put zabilježen 2003. godine u močvarnom području Parka prirode Kopački rit (Maguire i Klobučar 2003) odakle je došao iz Mađarske rijekom Dunav. Dok u Americi nastanjuje uglavnom zamućene velike rijeke, široke potoke i jezera s mnogo vegetacije (Hamr 2002), u Europi je zamijećeno da zauzima veći broj staništa pa nastanjuje i hladne te brze vodotokove, no preferira dublje vode, poput jezera s povećanom koncentracijom organske tvari (Holdich 2002). U Hrvatskoj se susreće s autohtonim vrstama *Astacus astacus* i *Astacus leptodactylus* koje prirodno dolaze u vodotocima crnomorskog slijeva u istočnom dijelu Hrvatske (Maguire i Gottstein-Matočec 2004). Bodljobradi rak je eurivalentan organizam te tolerira razne ekološke uvjete (Holdich i sur. 2006) te ga možemo naći u mnogim slatkovodnim ekosustavima.

Jednom uspostavljena populacija vrste *O. limosus* u Dunavu počela se širiti prema Dravi i Savi, to jest prema zapadu Hrvatske, ugrožavajući tako autohtone vrste (Maguire i Klobučar 2003). Nakon što je 2003. godine zabilježen u Dunavu, bodljobradi rak počeo se širiti uzvodno te je zabilježen i u rijeci Dravi (Faller i sur. 2009). Ušće Drave u Dunav udaljeno je 10-ak km nizvodno od mjesta gdje je prvi put zabilježen bodljobradi rak, što mu je omogućilo brz prelazak iz vodotoka u vodotok. Također se smatra da je bodljobradi rak već ušao i u Savu, ali dosadašnjim istraživanjima tamo još nije ulovljen. Brzina širenja bodljobradog raka u rijeci Dravi iznosi 1,5 km/god uzvodno (Maguire i Klobučar 2003; Faller i sur. 2009) te sve više utječe na vrstu *A. leptodactylus*. U Dravi su nađene miješane populacije jedinki *O. limosus* i *A. leptodactylus* gdje je dominira *O. limosus* u omjeru 16:1 (Hudina i sur. 2010).

Kod bodljobradog raka postoji fenomen cikličkog dimorfizma kod mužjaka. Ova je pojava jedinstvena za porodicu Cambaridae (Payne 1997) i očituje se u postojanju dvije forme; forma 1 u kojoj se mužjaci razmnožavaju i forma 2 u kojoj se ne razmnožavaju. Hamr (2002) je ustanovio da i američke i europske populacije bodljobradog raka imaju vrijeme parenja u proljeće te ženke nose jaja od ožujka do svibnja nakon čega se legu mlade jedinke. Potencijalni fekunditet u idealnim uvjetima ove vrste kreće se između 320-340 jajašaca te spolnu zrelost dosežu već nakon 1. godine života (Neveu 2006) no većinom ženke nose do 200 jajašaca. Brzo dostizanje spolne zrelosti u odnosu na naše autohtone vrste i velik broj

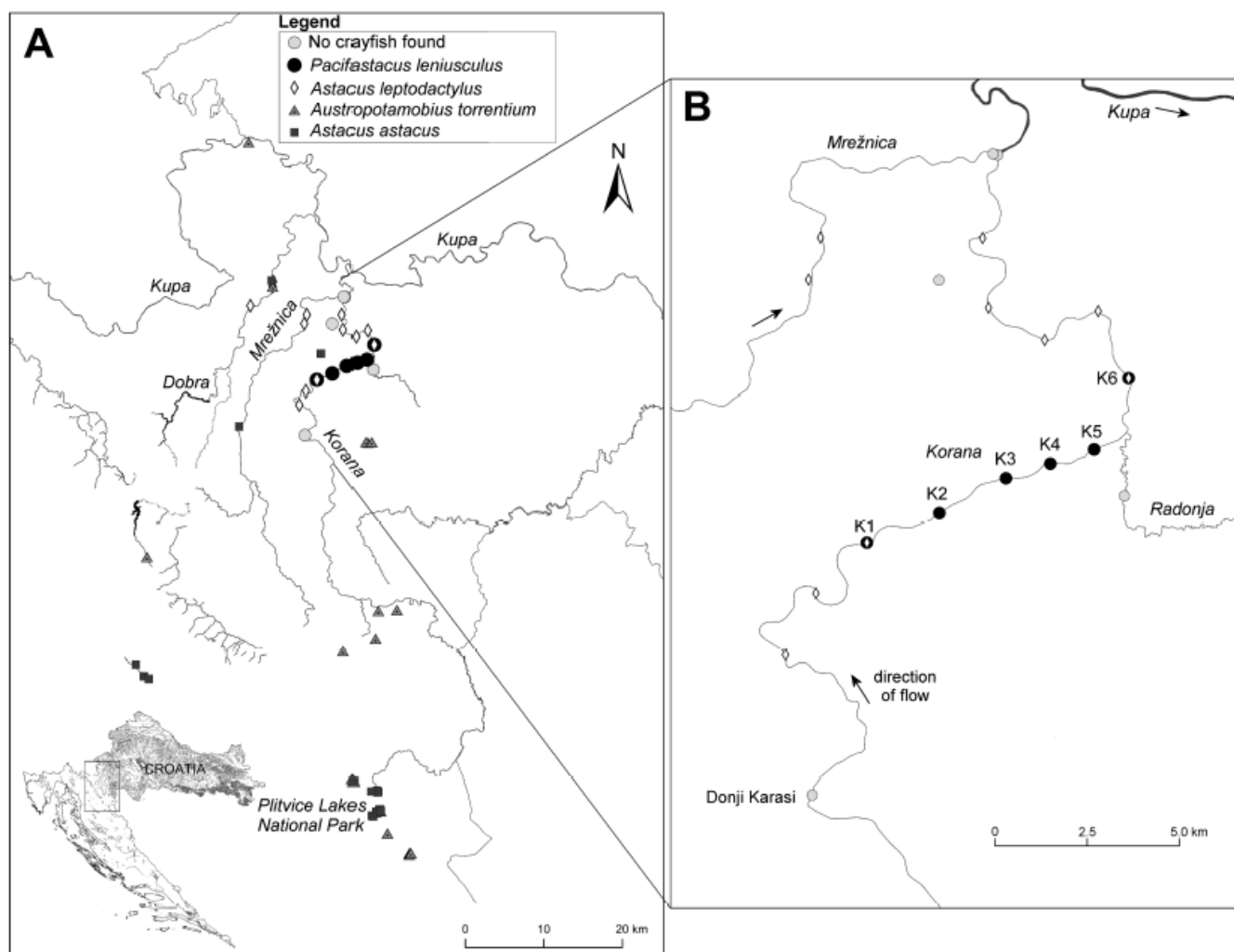
jajašaca omogućuju mu brzi rast populacije i brzo širenje vodotocima te veliku invazivnu moć.

3. SIGNALNI RAK

Pacifastacus leniusculus (signalni rak) trenutno je prisutan u 27 europskih zemalja i najraširenija je alohtona vrsta raka (Holdich i sur. 2009). Njegovim pronalaskom u rijeci Ščavnici u Sloveniji u koju je ušao iz Mure (Bertok i sur. 2003) postalo je jasno da će se signalni rak proširiti i Hrvatskom. Jedan kilometar nizvodno od granice sa Slovenijom, 22. listopada 2008. godine zabilježene su jedinke signalnog raka u rijeci Muri (Maguire i sur. 2008) te je to prvi nalaz ove invazivne vrste na prostoru Hrvatske.

Signalni rak, kao i bodljobrati rak, brzo raste te producira veliki broj potomaka (Souty-Grosset i sur. 2006), a njegova agresivnost u borbi za prostor i hranu te prenošenje patogena račje kuge uzrok su drastičnih smanjenja populacija autohtonih vrsta u Europi. Gustoća populacije signalnog raka na području Mure iznosi 7,8 rakova po metru obale (Hudina i sur. 2009). Zauzima istu ekološku nišu kao i riječni rak s kojim dolazi u kompeticiju, te ima vrlo negativan utjecaj na tu autohtonu vrstu uzrokujući smanjenje njezinih populacija. Na temelju prikupljenih podataka izračunata je brzina nizvodnog širenja signalnog raka u rijeci Muri u iznosu od 18-24,4 kilometara godišnje (Hudina i sur. 2009) što je najveća brzina širenja do sada zabilježena u Europi.

2011. godine *P. leniusculus* je zabilježen prvi put u rijeci Korani koja pripada Savskom slivu (Hudina i sur. 2013), a uz tu vrstu u Korani su prisutne i 3 autohtone vrste rakova: *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus* i *Austropotamobius torrentium* (Maguire i Gottstein-Matočec 2004). Godinu dana kasnije pokrenuto je istraživanje na rijeci Korani (Sl. 1.) da bi se utvrdilo stanje autohtonih vrsta i signalnog raka. Samo u periodu od ožujka do kolovoza 2012. godine ulovljeno je ukupno 1643 jedinki od čega je 96.3% predstavljao signalni rak (Hudina i sur. 2013.) dok su ostatak činile jedinke uskoškarog raka. Rijeka Korana je srednje velika rijeka s distribucijom signalnog raka u dužini od 10 km (Hudina i sur 2013), 4 kilometara uzvodno i 6 kilometara nizvodno od mjesta prvog nalaza. Izlov signalnog raka na rijeci Korani proveden je i sljedeće godine te je ulovljeno preko 16000 jedinki čime se nastojalo smanjiti gustoću njegove populacije te usporiti brzinu širenja.



Slika 1. Distribucija invazivnog signalnog raka te triju autohtonih vrsta u A) slivu rijeke Kupe i B) rijeci Korani

Izvor: Hudina i sur. 2013. Recent invasion of the karstic systems in Croatia through illegal introductions of the signal crayfish

Sam položaj Korane, koja je u doticaju s Mrežnicom pa tako i Kupom, omogućuje signalnom raku da se brzo proširi i u druge rijeke. Primjeri uspješne kontrole populacije signalnog raka su rijetki te ograničeni na male vodotokove ili izolirane vodene objekte (Dana i sur. 2010) u kojima populacija invazivne vrste nije previše uznapredovala. Brzim reagiranjem te pravilnim postupcima moguće je kontrolirati širenje signalnog raka i tako zaštititi autohtone vrste rakova koje ondje obitavaju.

4. MRAMORNI RAK

Mramorni rak, *Procambarus fallax* f. *virginalis* (Sl. 2.) je prvi put u Europi zabilježen 90-tih godina prošlog stoljeća u Njemačkoj, gdje se uzgajao kao akvaristička vrsta (Werner 1998). Vjeruje se da je u prirodna staništa pušten namjerno ili slučajno od strane akvarista, a njegovu prisutnost u divljini su 2003. godine utvrdili Scholtz i sur. Ova je vrsta lako prepoznatljiva po mramoriranoj obojenosti tijela, a jedinstvena je među slatkovodnim deseteronožnim rakovima po partenogenetskom razmnožavanju. Zbog svog uzorka na tijelu prozvan je mramorni rak. Jedinke mramornog raka nađene su u prirodi i u lotičkim i u lentičkim slatkovodnim sustavima. No Chucholl i Pfeiffer (2010) smatraju da mogu kolonizirati samo tople lentičke ekosustave ljeti, a najviše uspostavljenih populacija ove vrste u Europi nađeno je u šljunkovitim jezerskim ekosustavima (Chucholl i sur. 2012).



Slika 2. Mramorni rak

Izvor: <http://home.czu.cz/patoka/procambarus-fallax-f-virginalis---marbled-crayfish/>

Jezero Šoderica pripada šljunkovitim jezerskim ekosustavima te je stanište kakvo mramorni rak preferira. Mramorni rak je treća invazivna vrsta raka zabilježena u Hrvatskoj. Pronađen je u jesen 2013. godine na području umjetnog jezera Šoderica, blizu granice s Mađarskom (Samaradžić i sur. 2014). Pretpostavlja se da je namjerno pušten u prirodu. Šoderica je malo vodeno tijelo u blizini rijeke Drave, a zbog čestih poplava tijekom 2014. godine smatra se da se mramorni rak već proširio vodotocima dravskog sliva (Samaradžić i

sur. 2014). Potencijalni je vektor račje kuge (Culas 2003), kao i ostali invazivni rakovi u Hrvatskoj, te je velika prijetnja autohtonim europskim vrsta rakova zbog njenog prijenosa i kompeticije s autohtonim vrstama (Jones i sur. 2009).

U Europi se bilježi sve više pronalazaka ove vrste u divljini a globalno zatopljenje pouspješuje njegovo širenje. Prvi dokaz stabilne populacije mramornog raka u divljini pronađen je u Njemačkoj (Chucholl i Pfeiffer 2010) gdje žive zajedno s bodljobračim rakom. U Italiji u divljini (Chucholl i sur. 2012) zabilježena je populacija *Procambarus fallax* f. *virginalis* koja koegzistira s alohtonom invazivnom vrstom *Procambarus clarkii* (Girard, 1952).

Martin i sur. su 2003. pokazali da su sve jedinke mramornog raka genetički identične tj. klonovi, te da nastaju mejotičkom partenogenezom (nakon mejoze unutar ženke se zadržava nereducirani broj kromosoma). Uspoređujući morfološke karakteristike, te proučavajući mitohondrijsku DNA Peer Martin i sur. su 2010. došli do zaključka da je *Procambarus fallax* f. *virginalis* partenogenetska forma vrste *Procambarus fallax*. Zbog partenogenetske reprodukcije, sve jedinke mramornog raka su ženke, te je dovoljna samo jedna jedinka da uspostavi novu populaciju (Jones i sur. 2008). Ova osobitost daje mu veliku prednost u invaziji novih staništa. Mramorni rak ima jedinstvenu osobinu za dekapodne rakove, triploidiju, prvi put dokazanu 2013. godine od strane znanstvenika Peer Martin. Uzrok nastanka 3 seta kromosoma nije razriješen, no on smatra kako je to posljedica promjene u genetskom materijalu vjerojatno putem nekompletnog razdvajanja kromosoma, ili duplikacije kromosoma ili pak hibridizacije koja je dovela do triploidije.

Mramorni rak može preživjeti ledeni pokrov (Pfeiffer 2005) te se može reproducirati svakih 3 mjeseca ako su okolišni uvjeti povoljni i temperatura vode iznosi 20-25°C (Seitz i sur. 2005). Pošto se lentički sustavi brže zagrijevaju od lotičkih, te uglavnom imaju više temperature vode preko ljeta, mramorni rak se može razmnožavati u barama, jezerima itd. Šoderica predstavlja relativno malo jezero koje tijekom ljetnih mjeseci dostiže temperature vode dovoljne za reprodukciju ove vrste. Chucholl i Pfeiffer (2010) smatraju kako mramorni rak ne treba minimalnu populaciju da bi ostao u okolišu, već je potrebna samo jedna jedinka, te je zbog toga njegovo potpuno uklanjanje iz staništa gotovo nemoguće.

5. DISKUSIJA

Rast rakova uvjetovan je raznim faktorima poput dostupnosti i gustoće resursa, temperature vode te koncentracije kalcija u vodi (Westman i Savolainen 2002). Svi se znanstvenici slažu da je trgovina rakovima (za potrebe akvaristike ili akvakulture) glavni uzrok dolaska novih invazivnih vrsta u slatkovodne ekosustave Europe. U Hrvatskoj je zabilježeno smanjivanje broja populacija raka kamenjara, bjelonogog i riječnog raka (Maguire i sur. 2011) prouzročen najviše antropogenim utjecajem, alohtonim vrstama i bolešću račjom kugom. Gljivica *Aphanomyces astaci*, jedanput dospjela u vodotok može se puno brže širiti vodotokom nego sam alohtoni rak koji ju je donio i na taj način uništiti autohtone populacije i prije nego dođu u kontakt s alohtonim vrstama. Autohtone vrste vrlo su osjetljive na onečišćenje i degradaciju staništa, dok se invazivne lakše prilagođavaju te mogu prouzročiti negativne ekološke posljedice i nestanak autohtonih životinjskih i biljnih vrsta u ekosustavima (Rodriguez i sur. 2005). Alohtone se vrste rakova također često zakopavaju u obalu rijeka uzrokujući tako eroziju same obale. Kanaliziranjem rijeka i vodotoka te njihovim povezivanjem invazivni rakovi mogu brže i lakše prijeći u nova staništa i zauzeti nove ekološke niše, a isto tako regulacijom vodenih tokova se gube stara staništa, koja su bila povoljna za autohtone vrste.

Sve invazivne vrste u Hrvatskoj nađene su u vodotocima crnomorskog slijeva. Stopa nizvodnog širenja bodljibradog raka najniža je u Mađarskoj (12 km/god), viša u Rumunjskoj (48 km/god), a u Hrvatskoj i Srbiji iznosi visokih 84 km/god (Hudina i sur. 2009). Širenje bodljibradog raka u Hrvatskoj kroz Dravu je sporo zbog uzvodnog kretanja, a u miješanim populacijama bodljibradog i uskoškarog raka, brojnost bodljibradog raka je uvijek veća. Tijekom terenskih istraživanja u Velikoj Britaniji, Holdich i Black su (2007) primjetili da su jedinke bodljibradog raka često aktivne danju. Možemo zaključiti kako je njihova povećana aktivnost danju također prednost, nasuprot autohtonih vrsta koje su primarno aktivne noću. Vrsta *O. limosus* nije toliko osjetljiva na promjene staništa i antropogeni utjecaj kao što su to autohtone vrste (Schulz i sur 2002). Također može preživjeti sušne uvjete i nekoliko tjedana (Laurent 1988) te prelaziti iz jednog vodotoka u drugi preko kopna. Zabilježeni su i slučajevi kada se bodljibradi rak može ukopati u obalu vodotoka kako bi preživio nepovoljne uvjete (Đuriš i sur. 2006).

Postizanjem velikih gustoća populacija signalni rak ima negativan utjecaj na velike beskralježnjake i ribe u ekosustavu (Reynolds i Souty-Grosset 2011). Isto tako može značajno

uništavati biljni i životinjski svijet te na taj način fizički promijeniti ekosustav rijeke ili jezera. Staništa u kojima signalni rak prirodno obitava su mali potoci, velike rijeke, jezera nizinskih područja, a može opstati i u bočatoj vodi (Holdich i sur. 1997). U nekim europskim državama zabilježen je eksponencijalni rast stabilnih populacija signalnog raka u divljini (Bohman i sur. 2011), a smatra se kako je ilegalna introdukcija u prirodu veliki uzrok recentnih ekspanzija populacija ove vrste u Europi.

Dominantna autohtona vrsta u Korani je *Astacus leptodactylus*. Istraživanja u Hrvatskoj na rijeci Korani pokazala su da je relativna gustoća populacije signalnog raka mnogo veća od populacije uskoškarog raka (Hudina i sur. 2013) na svim mjerenim postajama (K1-K6). Na postaji K1 (Sl. 1.) populacija rakova bila je čak 10 puta veća u korist invazivne vrste. Uskoškari rak rastom je veći od signalnog raka, no signalni rak je vektor račje kuge koja uništava populacije uskoškarog raka. Zbog blizine drugih rijeka (Kupa, Mrežnica, Dobra), velika je vjerojatnost za daljnju invaziju signalnog raka, a uzmemo li u obzir primjer brzog nizvodnog širenja na rijeci Muri i Dravi, možemo očekivati brzo širenje vodotocima u Hrvatskoj, osobito rijekama crnomorskog slijeva.

Ako se uzme u obzir da je vrijeme razvoja juvenilnih jedinki iz jaja mramornog raka u prosjeku 1 mjesec i da vrijeme od otpuštanja mladih do sljedećeg legla traje otprilike 2 mjeseca na temperaturi 20-25°C (Seitz i sur. 2004), moguće je njegovo razmnožavanje i opstanak u divljini. Lentički ekosustavi ljeti u Hrvatskoj mogu dostići spomenute temperature, ali samo tijekom ljeta, što omogućuje mramornom raku da u ljetnim mjeseci u manjim jezerima, poput Šoderice, ispuni reproduktivni ciklus te se uspješno razmnoži barem dva puta. Ostatak godine mramorni se rak ne može razmnožavati i ima smanjeni rast jer temperature vode ne prelaze ili jako rijetko prelaze 15°C. Iako ova vrsta može preživjeti zimske temperature (Pfeiffer 2005), a poznato je i da često migrira iz jednog vodotoka u drugi (Chucholl i sur. 2012), smatram da mramorni rak može osnovati stabilnu populaciju u jezeru Šoderici, i u ostalim sličnim slatkovodnim ekosustavima u Hrvatskoj. Jedinke koje bi uspjele preživjeti godinu trebale bi ispočetka obnoviti populaciju zbog velikog mortaliteta i kompeticije s autohtonim vrstama rakova koji bi ih potisnuli. Partenogeneza omogućuje mramornom raku brzu i brojčano veliku reprodukciju, ali s druge strane, partenogenezom nastaju samo ženske jedinke koju su smanjene agresivnosti u usporedbi s mužjacima autohtonih vrsta. Ono zbog čega mramorni rak predstavlja veliku opasnost po autohtone populacije je račja kuga koju prenosi, kao i ostali invazivni rakovi, te tako uništava autohtone populacije. Poznato je da vrste roda *Procambarus* mogu dobro podnijeti niske temperature

(Bohl i sur. 1989), a prva uspostavljena stabilna populacija mramornog raka na jugozapadu Njemačke (Chucholl i Pfeiffer 2010) pokazuje adaptivnu sposobnost ovog roda ne nove ekološke uvjete.

Potrebne su strože zakonske odredbe i kontrola u trgovini rakovima, poput onih u Irskoj i Škotskoj koje su zabranile trgovinu bilo kakvim rakovima (Peay 2009). Poljska je uvela mjere da se invazivni rakovi koji se uhvate ne puštaju natrag u ekosustav, no kako bi mjera dala što bolje rezultate, potrebna je edukacija lokalnog stanovništva, posebice o razlikovanju autohtonih od alohtonih vrsta. Holdich i sur. (1999) dolaze do zaključka da je jedina „sigurna“ metoda kontrole populacija invazivnih rakova upotrebom biocida, no u većini država zabranjeno je unositi biocide u ekosustav, jer oni često ne djeluju ciljano pa uništavaju i ostale vodene organizme. U većini slučajeva, invazivne vrste bivaju utvrđene u nekom sustavu tek kad njihova brojnost bude toliko velika da rade štete i tada ih se ne može kontrolirati biocidima jer bi to značilo korištenje biocida na velikoj vodenoj površini što opet šteti cjelokupnom ekosustavu. Hrvatska za sad provodi kontrolu i usporavanje širenja zamkama (vršama) za bodljibradog raka i signalnog raka. Prema Gherardi i sur. (2011) postoji nekoliko mjera za uklanjanje invazivnih rakova: mehaničko micanje (zamke, lov strujom, lov rukama), fizičke metode (isušivanje, odvajanje rijeke, gradnja barijera), biološke metode (predatori i patogeni), biocidi (organofosfati, organokloridi, piretin itd.) te SMRT (eng. sterile male release technique) i upotreba spolnih feromona. Broj jedinki vrste *P. leniusculus* je u Engleskoj u jednom jezeru pomoću zamki uspješno smanjen s 4000 na 1500 jedinki (Roger i sur. 1997). Francuski znanstvenik Laurent objavio je 1995. godine studiju u kojoj dokazuje da niske koncentracije insekticida Baytex PM 40 uspješno smanjuju koncentraciju bodljibradog raka, ali uništavaju i mnoge vrste vodenih kukaca. Fizičke metode imaju slabi utjecaj na invazivne vrste. Pokušaj isušivanja jezera u Engleskoj rezultirao je ponovnim pronalaskom signalnog raka ispod velikog kamenja tjednima nakon isušivanja (Perrow i sur. 2007). Od biocida, piretin dobiven iz biljke *Tanacetum cinerariifolium* (dalmatinski buhač) najmanje utječe na cijeli ekosustav ali je uz rakove toksičan i za ribe te kukce (Peay 2006). Primjer relativno uspješne kontrole piretinom poznat je iz Škotske, gdje upotrebom ovog biocida kontroliraju širenje signalnog raka. No ova metoda zahtjeva mnogo vremena i velika financijska sredstva. Unošenjem sterilnih mužjaka u ekosustav onemogućuju se uspješno razmnožavanje, dok dodavanje primjerice ženskih hormona rakova u vodu se također može zbuniti mužjake i smanjiti reprodukciju (Peay i sur. 2009). Iako su SMRT i unos feromona ekološki

najprihvatljiviji načini kontrole rakova, oni bi bili uspješni samo za signalnog i bodljobradog raka, pošto su sve jedinke mramornog raka ženke.

6. ZAKLJUČAK

Hrvatska je zemlja s velikom bioraznolikošću, a strane invazivne vrste oduvijek su predstavljale prijetnju domaćim autohtonim vrstama i biološkoj raznolikosti prostora na kojem su se nastanile. Rakovi su bitna karika u slatkovodnim ekosustavima zbog omnivornog načina života i kruženja tvari u sustavu. Uz 4 autohtone vrste slatkovodne ekosustave ugrožavaju 3 invazivne vrste: bodljobrađi, signalni i mramorni rak. Brzina širenja alohtonih rakova i njihova velika prijetnja domaćim vrstama postao je jedan od većih problema u europskim zemljama u kojima je zabilježena njihova pojava. Uspješno širenje invazivnih vrsta omogućava njihova brza reprodukcija, veći fekunditet te veća agresivnost. Gljivica *Aphanomyces astaci*, uzročnik bolesti račje kuge na koju su alohtone vrste otporne, također je uzročnik smanjenja populacije domaćih rakova. Brojnost populacija autohtonih vrsta sve se više smanjuje, a poznato je da su u nekim europskim rijekama populacije riječnog raka gotovo nestale. Alohtoni rakovi su toliko raznoliki i nastanjuju vrlo različita staništa pa nema univerzalne strategije ili rješenja za suzbijanje i kontrolu njihovih populacija (Freeman i sur. 2010). Tehnologija svakim danom napreduje te će se u budućnosti vjerojatno moći efikasnije kontrolirati populacije invazivnih vrsta. Unošenje sterilnih mužjaka alohtonih vrsta u ekosustav najmanje utječe na sam ekosustav, no s obzirom na skupu cijenu u Hrvatskoj kao najbolja metoda uklanjanja alohtonih rakova iz ekosustava pokazao se izlov zamkama (vršama). Mramorni rak zbog partenogeneze i brzog reproduktivnog ciklusa predstavlja specifičnu invazivnu vrstu čiji invazivni potencijal tek treba istražiti. Antropogeni utjecaj, uz sve veće zagađenje i mijenjanje staništa, te izražene klimatske promjene pouspješuje širenje ove vrste koja zahtijeva više temperature vode za razmnožavanje. Mali lentički sustavi se rijetko istražuju, a upravo takva staništa često nastanjuje mramorni rak te može neprimijećen stvoriti veliku populaciju. Način na koji su invazivne vrste unesene u naše ekosustave ostaje nepoznat, ali vrlo vjerojatno je razlog ljudska nepažnja. Potrebna je edukacija ljudi o ovom problemu te donošenje strožih zakona. Problem invazivnih rakova ozbiljna je prijetnja slatkovodnim ekosustavima Hrvatske te se trebaju poduzeti mjere konstantnog monitoringa i sprječavanja njihovog daljnjeg širenja u druge vodotokove.

7. LITERATURA

Bohman P, Edsman L, Martin P, Scholtz G, 2013: The first Marmorkrebs (Decapoda: Astacida: Cambaridae) in Scandinavia. *BioInvasions Records*, Vol. 2, Issue 3, 227-232

Chucholl C. 2014: Predicting the risk of introduction and establishment of an exotic aquarium animal in Europe: insights from one decade of Marmorkrebs (Crustacea, Astacida, Cambaridae) releases. *Management of biological invasions*, Vol 5

Chucholl C, Morawetz K, Groß H, 2012: The clones are coming – strong increase in Marmorkrebs [*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *virginialis*] records from Europe. *Aquatic Invasions*, Vol. 7, Issue 4, 511–519

Chucholl C. 2011: Disjunct distribution pattern of *Procambarus clarkii* (Crustacea, Decapoda, Astacida, Cambaridae) in an artificial lake system in Southwestern Germany. *Aquatic Invasions*, Vol. 6, Issue 1, 109–113

Chucholl C, Pfeiffer M, 2010: First evidence for an established Marmorkrebs (Decapoda, Astacida, Cambaridae) population in Southwestern Germany, in syntopic occurrence with *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817). *Aquatic Invasions* Volume 5, Issue 4, 405–41

Dana E. D, López-Santiago J, García-de-Lomas J, García-Ocaña D. M, Gámez V, Ortega F, 2010: Long-term management of the invasive *Pacifastacus leniusculus* (Dana) in a small mountain stream. *Aquatic invasions*, Vol. 5, Issue 3, 317-322

Dunn J. C, McClymont H. E, Christmas M, Dunn A. M, 2009: Competition and parasitism in the native White Clawed Crayfish *Austropotamobius pallipes* and the invasive Signal Crayfish *Pacifastacus leniusculus* in the UK. *Biol Invasions*, 11, 315-324

Gherardi F, Aquiloni L, Dieguez-Uribeondo J, Tricarico E, 2011: Managing invasive crayfish: is there a hope?. *Aquatic sciences*, 73:185 200

Faulkes Z. 2013: How Much is that Crayfish in the Window? Online Monitoring of Marmorkrebs, *Procambarus fallax* f. *virginialis* (Hagen 1870), in the North American Pet Trade, *Freshwater Crayfish* 19(1), 39–44

Ferincz A, Kováts N, Benkő-Kiss A, Paulovits G, 2014: New record of the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) in the catchment of Lake Balaton (Hungary). *BioInvasions Records*, Vol. 3, Issue 1, 35-38

Filipová L, Grandjean F, Chucholl C, Soes D. M, Petrusek A, 2011: Identification of exotic North American crayfish in Europe by DNA barcoding. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 401, 11

Gherardi F, Holdich D.M. 1999: Crayfish in Europe as alien species. A. A. Balkema, Rotterdam, 31-49, 63-87

Holdich D. M. 2009: A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 394-395, 11

Holdich D, Black J, 2007: The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic invasions*, Vol. 2, Issue 1, 1-15

Hudina S, Žganec K, Lucić A, Trgovčić K, Maguire I, 2013: Recent invasion of the karstic river system in Croatia through illegal introductions of the signal crayfish. *Freshwater crafish* 19(1):21-27

Hudina S, Janković S, Lucić A, Žganec K, 2011a: The status of *Astacus astacus* in the northernmost part of Croatia (Međimurje County) in the face of invasion by *Pacifastacus leniusculus* (Crustacea: Astacidae). *Lauterbornia* 72, 31-44

Hudina S, Lucić A, Žganec K, Janković S, 2011b: Characteristic and movement patterns of a recently established invasive *Pacifastacus leniusculus* population in the river Mura, Croatia. *Knowledge and management of aquatic ecosystems*, 403, 07

Hudina S. 2010: Istraživanje invazivne strane vrste riječnog raka (*Pacifastacus leniusculus*) na rijeci Muri i pritocima u cilju izrade plana kontrole. Nevladina udruga – KAPIBARA, Zagreb, 8-12

Hudina S, Faller M, Lucić A, Klobučar G, Maguire I, 2009: Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava basin, Croatia. Knowledge and management of aquatic ecosystems, 394-395, 09

Jones J. P. G, Rasamy J. R, Harvey A, Toon A, Oidtmann B, Randrianarison M. H, Raminosoa N, Ravoahangimalala O, 2009: The perfect invader: a parthenogenic crayfish poses a new threat to Madagascar's freshwater biodiversity. Biological invasions, 11:1475-1482

Lucić A, Hudina S, Faller M, Cerjanec D, 2012: A comparative study of the physiological condition of native and invasive crayfish in Croatian rivers. Biologia, 67/1, 172-179

Maguire I, Jelić M, Klobučar G, 2011: Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. Knowledge and management of aquatic ecosystems, 401, 31

Maguire I. 2010: Slatkovodni rakovi (priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja), Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb, 3-10

Maguire I, Klobučar G, Marčić Z, Zanella D, 2008: The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. Crayfish news, Vol. 40, Issue 4, 4

Maguire I, Klobučar G, 2005: Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. Crayfish news, Vol. 25(3), 7

Maguire I, Gottstein-Matočec S, 2004: The distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia. Crustaceana, Vol. 77(1), 25-47

Marzano F. N, Scalici M, Chiesa S, Gherardi F, Piccinini A, Gibertini G, 2009: The first record of the marbled crayfish adds further threats to fresh waters in Italy. Aquatic Invasions Vol. 4, Issue 2, 401-404

Peay S 2009: Invasive non-indigenous crayfish species in Europe: Recommendations on managing them. Knowledge and management of aquatic ecosystems, 394-395, 03

Peay S, Hiley P. D, Collen P, Martin I, 2006: Biocide treatment of ponds in Scotland to eradicate signal crayfish. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 380–381:1363–1379

Peer M, Dorn N. J, Kawai T, Heiden C, Scholtz G, 2010a. The enigmatic Marmorkrebs (marbled crayfish) is the parthenogenetic form of *Procambarus fallax* (Hagen, 1870). Contributions to Zoology, 79 (3), 107-118

Peer M, Shen H, Fullner G, Scholtz G, 2010b. The first record of the parthenogenetic Marmorkrebs (Decapoda, Astacida, Cambaridae) in the wild in Saxony (Germany) raises the question of its actual threat to European freshwater ecosystems. Aquatic Invasions, Vol. 5, Issue 4, 397–403

Reynolds J, Souty-Grosset C, 2012. Management of freshwater biodiversity: Crayfish as bioindicators. Cambridge university press, New York, 3-14,

Rogers W.D, Holdich D.M, Carter E, 1997: Crayfish eradication. Report for English Nature, Peterborough

Samaradžić M, Lucić A, Maguire I, Hudina S, 2014: The first record of marbled crayfish (*Procambarus fallax* [Hagen,1870] *f. virginalis*) in Croatia. Crayfish news, Vol. 36, Issue 4, 4

Westman K, Savolainen V, 2001. Long term study of competition between two co-occurring crayfish species, the native *Astacus astacus* L. and the introduced *Pacifastacus leniusculus* Dana, in a finnish lake. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 361, 613-627

<http://www.crayfishworld.com/image2003/Nature.pdf>

<http://www.dzzp.hr/>

http://www.nobanis.org/globalassets/speciesinfo/p/pacifastacus-leniusculus/pacifastacus_leniusculus1.pdf

http://www.voda.hr/sites/default/files/pdf_clanka/hv_69-70_2009_281_hudina-et-al.pdf

8. SAŽETAK

U Hrvatskoj su trenutno prisutne 4 autohtone vrste deseteronožnih rakova (*Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus*, *Austropotamobius pallipes* i *Austropotamobius torrentium*) te 3 invazivne vrste: *Orconectes limosus*, *Pacifastacus leniusculus* i *Procambarus fallax* f. *virginalis*. Alohtone vrste karakterizira veći fekunditet, veća agresivnost te otpornost na račju kugu koja negativno utječe na autohtone vrste koje nisu otporne na ovu bolest. Sve invazivne vrste pronađene su u kontinentalnom dijelu Hrvatske, u vodotocima crnomorskog slijeva, gdje najčešće dolaze u doticaj s vrstama *Astacus astacus* i *Astacus leptodactylus* uzrokujući smanjenje njihovih populacija. Velike populacije invazivnih vrsta rakova isto tako mogu uzrokovati nestajanje biljnih i životinjskih vrsta. Također značajni negativni utjecaj na autohtone vrste rakova ima i antropogeni pritisak (onečišćenje i degradacija staništa) na njihova staništa. Ulov vršama pokazao se kao najbolji način za regulaciju populacija invazivnih vrsta rakova u Hrvatskoj. Nedavni pronalazak mramornog raka na jezeru Šoderica predstavlja novu potencijalnu opasnost za slatkovodne ekosustave zbog sposobnosti ove vrste da se razmnožava partenogenezom.

9. SUMMARY

Currently, in Croatia 4 native freshwater crayfish species are present. Those are: *Astacus astacus*, *Astacus leptodactylus*, *Austropotamobius pallipes* and *Austropotamobius torrentium*. Also presence of 3 alien invasive species is recorded: *Orconectes limosus*, *Pacifastacus leniusculus* and *Procambarus fallax* f. *virginalis*. Non-indigenous (alien) species are characterized by higher fecundity, higher aggressiveness and resistance to crayfish plague, which has negative affects onto the native species that are not resistant to this disease. All invasive species are found in the inland of Croatia, in rivers of the Black Sea basin, where they are in contact with *Astacus astacus* and *Astacus leptodactylus* causing the reduction of their population. Apart from that, abundant invasive crayfish populations can cause disappearance of other aquatic animal and plant species. Negative anthropogenic influence is also significant in the form of pollution and degradation of habitat. Removing the invasive crayfish from freshwater habitats by traps has been shown as the best way for regulation of the invasive species spreading in Croatia. Recent discovery of marbled crayfish on the lake Šoderica presents new potential threat for freshwater ecosystems because of its parthenogenetic reproduction.

